

DIALOG(R) File 347:JAPIO

(c) 1999 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

05660442 **Image available**

SEMICONDUCTOR SHG LASER DEVICE

PUB. NO.: 09-275242 [J P 9275242 A]

PUBLISHED: October 21, 1997 (19971021)

INVENTOR(s): KUME MASAHIRO

APPLICANT(s): MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD [000582] (A Japanese Company
or Corporation), JP (Japan)

APPL. NO.: 08-082756 [JP 9682756]

FILED: April 04, 1996 (19960404)

INTL CLASS: [6] H01S-003/18; G02F-001/37

JAPIO CLASS: 42.2 (ELECTRONICS -- Solid State Components); 29.2 (PRECISION
INSTRUMENTS -- Optical Equipment)

JAPIO KEYWORD: R002 (LASERS); R095 (ELECTRONIC MATERIALS -- Semiconductor
Mixed Crystals)

ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor SHG laser device capable of efficiently emitting a light at a short wavelength and attain the miniaturizing thereof.

SOLUTION: A multilayer reflection mirror layer 2, active layer for generating a light and multilayer reflection mirror layer 4 are laminated in this order on a GaAs substrate 1 to form a laser resonator with these layers 2, 3, 4. A pseudo-phase-matched layer 7 for converting a laser beam emitted from the resonator into a beam of a half wavelength of the original beam, without absorbing the half-wavelength beam is laminated on the mirror layer 4. A multilayer reflection mirror layer 8 for reflecting the laser beam, without absorbing this half-wavelength beam, is laminated on the pseudo phase-matched layer 7.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-275242

(43) 公開日 平成9年(1997)10月21日

(51) Int.Cl.⁶

H01S 3/18

G02F 1/37

識別記号

庁内整理番号

F I

H01S 3/18

G02F 1/37

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平8-82756

(22) 出願日 平成8年(1996)4月4日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 桑 雅博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

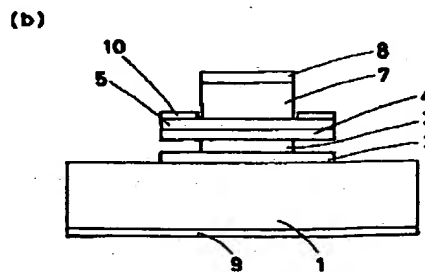
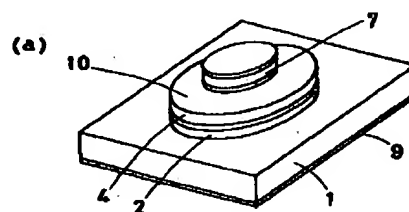
(74) 代理人 弁理士 宮井 暎夫

(54) 【発明の名称】 半導体SHGレーザー装置

(57) 【要約】

【課題】 効率良く短波長の光を出力することができ、しかも小型化を達成することができる半導体SHGレーザー装置を提供する。

【解決手段】 GaAs基板1の上に、多層反射鏡層2を積層し、この多層反射鏡層2の上に光を発生する活性層3を積層し、この活性層3の上に多層反射鏡層4を積層して第1および多層反射鏡層4と光を発生する活性層3とでレーザー共振器を構成している。また、レーザー共振器から出射するレーザー光の波長の2分の1の波長の光に対して吸収がなくレーザー光をレーザー光の波長の2分の1の波長の光に変換する疑似位相整合層7を多層反射鏡層4の上に積層している。さらに、レーザー共振器から出射するレーザー光の波長の2分の1の波長の光に対して吸収がなくレーザー光を反射する多層反射鏡層8を疑似位相整合層7の上に積層している。



- 1...GaAs基板
- 2...多層反射鏡層
- 3...活性層
- 4...多層反射鏡層
- 5...コンタクト層
- 7...疑似位相整合層
- 8...多層反射鏡層
- 9...電極
- 10...電極

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 半導体基板の上に、屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなる第1の反射鏡層を積層し、この第1の反射鏡層の上に光を発生する半導体層を積層し、この半導体層の上に屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなる第2の反射鏡層を積層して前記第1および第2の反射鏡層と前記光を発生する半導体層とでレーザー共振器を構成し、

前記レーザー共振器から出射するレーザー光の波長の2分の1の波長の光に対して吸収のない屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなり前記レーザー光を前記レーザー光の波長の2分の1の波長の光に変換する波長変換層を前記第2の反射鏡層の上に積層し、前記レーザー共振器から出射するレーザー光の波長の2分の1の波長の光に対して吸収のない屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなり前記レーザー光を反射する第3の反射鏡層を前記波長変換層の上に積層したことを特徴とする半導体SHGレーザー装置。

【請求項2】 第2の反射鏡層を省き、第1および第3の反射鏡層と光を発生する半導体層とでレーザー共振器を構成したことを特徴とする請求項1記載の半導体SHGレーザー装置。

【請求項3】 半導体基板がGaAsからなり、第1および第2の反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発生する半導体層がGaAlAsより構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体SHGレーザー装置。

【請求項4】 半導体基板がGaAsからなり、第1および第2の反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発生する半導体層がInGaAlPより構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体SHGレーザー装置。

【請求項5】 半導体基板がGaAsからなり、第1および第2の反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発生する半導体層が複数のGaAlAs層または複数のInGaAlP層からなる半導体層より構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成されていることを特徴とする請求項1記載の半導体SHGレーザー装置。

【請求項6】 半導体基板がGaAsからなり、第1の反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発生する半導体層がGaAlAsより構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成されていることを特徴とする請求項2記載の半導体SHGレーザー装置。

【請求項7】 半導体基板がGaAsからなり、第1の

2

反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発生する半導体層がInGaAlPより構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成されていることを特徴とする請求項2記載の半導体SHGレーザー装置。

【請求項8】 半導体基板がGaAsからなり、第1の反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発生する半導体層が複数のGaAlAs層または複数のInGaAlP層からなる半導体層より構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成されていることを特徴とする請求項2記載の半導体SHGレーザー装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、高密度光ディスク等の光情報処理装置や分析装置用の紫外レーザー光源に用いられる半導体SHGレーザー装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年、半導体レーザー装置は、コンパクトディスク(CD)等の光ディスクの光源に広く用いられている。光ディスクからデータを読み取るのみのCDやコンピュータ用のCD-ROMに用いられる半導体レーザー装置は、現在780nmの波長のレーザー光が得られるGaAlAsを材料としている。光ディスクの記録密度を高めるには、レーザー光の波長を短くして集光できる光スポット径を小さくする必要がある。そのため、半導体レーザー装置の発振波長を短くする努力が続けられてきた。

【0003】現在、InGaP(組成は例えばIn_{0.5}Ga_{0.5}P)を材料に用いて635nmから680nmの波長の赤色半導体レーザー装置が実用域に達し、またZnMgSSeにより500nmの波長の青緑半導体レーザー装置の発振に成功している。青色から紫色の領域ではInGaAlNが有望な材料として研究がなされている。しかしながら、紫外域で発振可能な半導体レーザー材料は現在のところ見い出されていない。

【0004】一方、短波長レーザー光を得る方法に、第2高調波発生(SHG)を用いてレーザー光の波長を2分の1にする方法がある。この方法では、波長780nmのGaAlAsレーザー装置から390nmの紫外レーザー光が得られ、波長650nmのInGaPレーザー装置からは325nmのレーザー光が得られることになる。

【0005】SHGによって効率良く波長を2分の1にするには、非線形光学定数の大きい材料を用いることが重要である。後者は位相整合と呼ばれており、基本波のエネルギーが効率良く高調波に変換されるが、一般には材料中で基本波と第2高調波の屈折率が異なるた

めに位相整合が満たされない。そのために様々な試みが採られているが、図3 (Japanese Journal of Applied Physics, Vol. 33, L1456, 1994) に示す多層構造による疑似位相整合が、様々な材料に対して適用できる有用な方法である。この方法は、高調波のパワーは結晶中で一定距離進むたびに増加と減少を交互に繰り返すために、この距離毎に非線形分極の向きを高調波の電場が増大する方向にすることによって、基本波から高調波へ連続してエネルギーを変換できるようにする方法である。

【0006】図3に示すSHG装置は、基板11の上に疑似位相整合層12を積層し、疑似位相整合層12の上に多層反射鏡層13を積層し、基板11の裏面に疑似位相整合層12に臨む開口を設け、この開口内に多層反射鏡層14を形成したものである。このSHG装置では、外部のレーザー光源(図示せず)から多層反射鏡層14へ向けて基本波レーザー光(波長 λ)を入射させ、多層反射鏡13と多層反射鏡14から構成される共振器内に基本波レーザー光を閉じ込め、多層反射鏡13、14間に存在する疑似位相整合層12における多層構造による疑似位相整合を利用して第2高調波光(波長 $\lambda/2$)を多層反射鏡13の側から外部に取り出すようになっている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図3のSHG装置と基本波光源として実用上優れている半導体レーザー装置とは別に作成されていたので、光ピックアップや分析用光源として用いる場合に、基本波光を発する半導体レーザー装置とSHG装置を一つに組み立てることが必要となるが、半導体レーザー装置とSHG装置を組み合わせたものを一つの短波長光源として見たときに、半導体レーザー装置と比べてどうしても大型化するという問題があった。また、効率良く第2高調波光を発生させるためには、半導体レーザー装置とSHG装置を精度よく位置決めすることが必要であるが、この位置決めは容易でなかった。

【0008】半導体レーザー装置とSHG装置を組み合わせたものを一つの短波長光源として見たときに、全体として小型化し、または両者の高精度の位置決めを行うには、両者を一つの基板上に一体的に集積するのが好ましいと考えられる。したがって、この発明の目的は、効率良く短波長の光を出力することができ、しかも小型化を達成することができる半導体SHGレーザー装置を提供することである。

【0009】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するために、本発明のSHG装置では半導体レーザー装置と多層構造による疑似位相整合層を同一基板上に集積して半導体SHGレーザー装置を構成している。すなわち、請求項1記載の半導体SHGレーザー装置は、半導体基板の

上に、屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなる第1の反射鏡層を積層し、この第1の反射鏡層の上に光を発生する半導体層を積層し、この半導体層の上に屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなる第2の反射鏡層を積層して第1および第2の反射鏡層と光を発生する半導体層とでレーザー共振器を構成している。また、レーザー共振器から出射するレーザー光の波長の2分の1の波長の光に対して吸収のない屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなりレーザー光をレーザー光の波長の2分の1の波長の光に変換する波長変換層を第2の反射鏡層の上に積層している。さらに、レーザー共振器から出射するレーザー光の波長の2分の1の波長の光に対して吸収のない屈折率の異なる2種類の半導体薄層の多層積層構造からなりレーザー光を反射する第3の反射鏡層を波長変換層の上に積層している。

【0010】この構成によると、レーザー共振器と波長変換層とを一体的に積層形成しているので、小型化できるとともに、両者を精度よく位置決めすることができ、効率良く第2高調波光を出力させることができ、したがって短波長の光を効率よく出力させることができる。請求項2記載の半導体SHGレーザー装置は、請求項1記載の半導体SHGレーザー装置において、第2の反射鏡層を省き、第1および第3の反射鏡層と光を発生する半導体層とでレーザー共振器を構成している。

【0011】この構成によると、レーザー共振器と波長変換層とを一体的に積層形成しているので、小型化できるとともに、両者を精度よく位置決めすることができ、効率良く第2高調波光を出力させることができる。しかも、レーザー共振器内に波長変換層があるので、レーザー共振器内に存在する多量のレーザー光を波長変換層に与えることができ、いっそう効率よく第2高調波光を出力させることが可能となり、短波長の光を効率よく出力させることができる。

【0012】上記の半導体SHGレーザー装置においては、半導体基板GaAsからなり、第1および第2の反射鏡層がAlAs層とGaAlAs層の多層膜より構成され、光を発する半導体層がGaAlAsの単層またはInGaAlPの単層あるいは複数のGaAlAs層または複数のInGaAlP層からなる半導体薄層より構成され、波長変換層と第3の反射鏡層がZnS層とZnMgSSe層の多層膜より構成される。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図1を用いて説明する。図1(a)に本発明の半導体SHGレーザー装置の斜視図を示し、同図(b)は同じく断面図を示す。この半導体SHGレーザー装置は、GaAs基板1上にAlAs層とAlAs混晶比80%のGaAlAs層とを各々4分の1波長膜厚($\lambda/4n$)、 λ :真空中での波長、 n :屈折率)ずつ交互に積

層した構造の円板形が多層反射鏡層2を積層している。多層反射鏡層2のAlAs層とGaAlAs層はペアで20対積層されており、基本波に対する反射率は90%以上となる。この多層反射鏡層2の上には、AlAs混晶比15%のGaAlAsからなる単層の円板形の活性層(膜厚1 μ m)3を積層し、さらのその上に多層反射鏡層2と同じ構造の円板形が多層反射鏡層4を積層している。そして、多層反射鏡層2と活性層3と多層反射鏡層4とでレーザー共振器、つまり面発光型の半導体レーザー発振器が構成される。なお、活性層3の直径は多層反射鏡層2、4の直径に比べて小さくして電流を集中させるようにしている。

【0014】活性層3に、上記のようにAlAs混晶比15%のGaAlAsを用いると、発振波長は780nmとなる。これに代えてGaP混晶比50%のGaInPを用いると、発振波長は650nmとなる。また、活性層3として、GaAlAs層の多層構造(膜厚が5~10nm程度の薄層を多数重ねた多重量子井戸層)を用いると、発振波長は750nmとなり、InGaAlP層の多層構造(膜厚が5~10nm程度の薄層を多数重ねた多重量子井戸層)を用いると、発振波長は610nmとなる。

【0015】上記の活性層3として使用可能な材料としては、Ga_{1-x}Al_xAs系では、 $x=0\sim0.45$ (直接遷移型バンド構造の範囲)で、In_xGa_{1-x-y}Al_yP系では、GaAsと格子整合をとるため、 $x=0.5$ で、 $y=0\sim0.3$ の範囲となる。また、GaAlAs層の多層構造としては、例えば、Ga_{0.7}Al_{0.3}AsとGa_{0.9}Al_{0.1}Asの多層構造が、また、InGaAlP層の多層構造としては、例えば、In_{0.5}Ga_{0.2}Al_{0.3}PとIn_{0.5}Ga_{0.4}Al_{0.1}Pと多層構造が使用される。

【0016】多層反射鏡層4の上にはコンタクト層5が積層されているが、このコンタクト層5は活性層3に電流を流すための電極10を形成するための層で、基本波である半導体レーザー光を吸収しないようにエネルギーギャップの大きいZnSeを用いる。なお、GaAs基板1の裏面にも電極9が設けられており、電極9、10間に電圧が印加されて、活性層3に通電されることになる。

【0017】コンタクト層5の上の中央部分には、波長変換を行うための円板形の疑似位相整合層7が積層され、さらにその上に円板形が多層反射鏡層8が積層されており、これらの直径は活性層3と同程度に設定されていて、電極10は疑似位相整合層7を囲むようにリング状にコンタクト層5の上に形成されている。上記の多層反射鏡層2と活性層3と多層反射鏡層4からなるレーザー共振器から出た半導体レーザー光は、コンタクト層5を通して疑似位相整合層7の方に入射し、多層反射鏡層8により基本波レーザー光は疑似位相整合層7に閉じ込

められ、ここで高い変換効率で第2高調波光(基本波の2分の1の波長)に変換される。そして、変換された第2高調波光は多層反射鏡層8を通じて外部へ出射される。

【0018】多層反射鏡層8は、ZnS層とMgとZnとSとSeの比率がそれぞれ1:1:1:1のZnMgSSe層とを各々4分の1波長膜厚ずつ交互に20対積層したものから構成されていて、基本波に対する反射率は95%となる。また、疑似位相整合層7は、多層反射鏡層8と同様のZnS層とZnMgSSe層とを交互に50対積層したものから構成されており、各々の膜厚は2分の1波長膜厚($\lambda/(2n)$ 、 λ :真空中での波長、 n :屈折率)となっており、疑似位相整合により効率良く基本波レーザー光を第2高調波光に変換する。

【0019】上記疑似位相整合層7と多層反射鏡層8とに用いるZnSとZnMgSSeとは、780nmの半分の波長である390nmの光および650nmの半分の波長である325nmの光に対して吸収がないエネルギーギャップになっており、高い第2高調波光への変換効率を得られる。図2に本発明の実施の形態における半導体SHGレーザー装置の作製工程図を示し、同図に参照しながら作製工程を説明する。まず、GaAs基板1上に分子線エピタキシー(MBE)成長法により多層反射鏡層2から多層反射鏡層8までの多層エピタキシャル薄膜を成長させる(図2(a))。

【0020】つぎに、ホトリソグラフィにより円形のレジスト膜6を形成し、多層反射鏡層8および疑似位相整合層7をエッチングすることにより、多層反射鏡層8および疑似位相整合層7を円形に残し、その周囲の多層反射鏡層8および疑似位相整合層7を除去してコンタクト層5の表面を露出させる(図2(b))。つぎに、ホトリソグラフィと蒸着により、円形に残った疑似位相整合層7を囲むように、コンタクト層5の上にリング状の電極10を形成する(図2(c))。

【0021】つぎに、再びコンタクト層5から多層反射鏡層2までの各層をエッチングすることにより、コンタクト層5から多層反射鏡層2までの各層を円形に残し、その周囲のコンタクト層5から多層反射鏡層2までの各層を除去する(図2(d))。つぎに、選択性のあるエッチング液で活性層3のみを部分的に除去して、活性層3の直径を多層反射鏡2、4の直径より小さくする(図2(e))。このようにする理由は、活性層3の直径を10 μ mと小さくすることによって、電流密度を高くしてレーザー発振のしきい電流密度を下げるためと、光のモードを基本モードにするためである。

【0022】最後に、GaAs基板1の裏面に電極9を形成する(図2(f))。図4に本発明の実施の形態における半導体SHGレーザー装置の電流-光出力特性図を示す。この半導体SHGレーザー装置では、50mAの電流に対して波長390nmで光出力3mWの紫外レ

7

ーザー光が得られていることがわかる。この実施の形態によれば、多層反射鏡層2、活性層3および多層反射鏡層3からなるレーザー共振器と疑似位相整合層7とを一体的に積層形成しているのので、半導体SHGレーザー装置を小型化できるとともに、レーザー共振器と疑似位相整合層7とを精度よく位置決めすることができ、効率良く第2高調波光を出力させることができ、したがって短波長の光を効率よく出力させることができる。

【0023】なお、上記実施の形態では、レーザー光の共振器を多層反射鏡層2と活性層3多層反射鏡層4とで構成したが、多層反射鏡層4を省き、多層反射鏡層8のレーザー光の波長に対する反射率を高くし、多層反射鏡層2と活性層3と多層反射鏡層8とでレーザー共振器を構成しても、上記の実施の形態と同様の機能を実現できる。なお、多層反射鏡層8のレーザー光の波長に対する反射率は80%以上とし、高ければ高いほどよい。

【0024】このように構成すると、上記実施の形態と同様の効果を奏する上、レーザー共振の中に疑似位相整合層があるので、レーザー共振器内に存在する多量のレーザー光を疑似位相整合層に与えることができ、いっそ

【0025】

【発明の効果】以上のように、本発明の半導体SHGレーザー装置によれば、レーザー共振器と波長変換層とが一体的に積層形成されているのので、効率良く紫外レーザー光等の短波長の光を出力させることができ、しかも小

8

型化が可能で、光ピックアップの小型化や分析用小型光源として応用上大きな効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)本発明の実施の形態における半導体SHGレーザー装置の構造を示す斜視図、(b)は同じく断面図である。

【図2】本発明の半導体SHGレーザー装置の作製工程を示す断面図である。

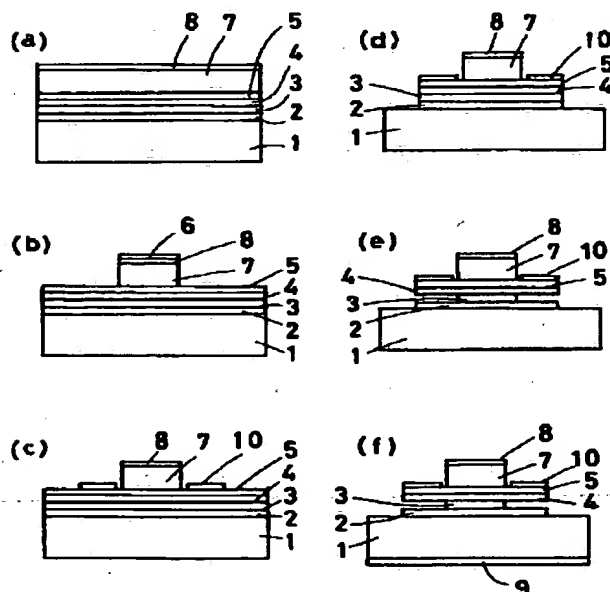
【図3】従来のSHG素子の構造を示す断面図である。

【図4】本発明の半導体SHGレーザー装置の電流-光出力特性を示す特性図である。

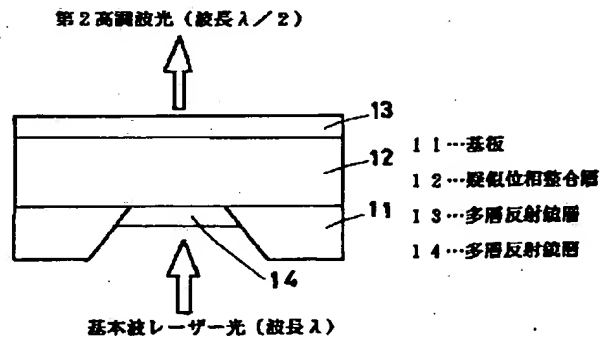
【符号の説明】

- | | |
|----|----------------|
| 1 | GaAs基板 |
| 2 | 多層反射鏡層 |
| 3 | 活性層 |
| 4 | 多層反射鏡層 |
| 5 | コンタクト層 |
| 6 | レジスト膜 |
| 7 | 疑似位相整合層 |
| 8 | 多層反射鏡層 |
| 9 | 電極 |
| 10 | 電極 |
| 11 | 基板 |
| 12 | 疑似位相整合層(波長変換層) |
| 13 | 多層反射鏡層 |
| 14 | 多層反射鏡層 |

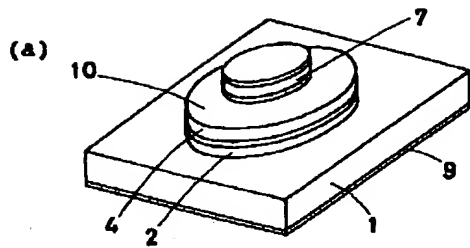
【図2】



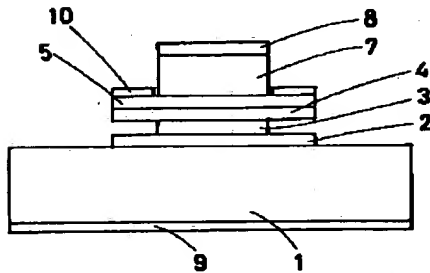
【図3】



【図1】



(b)



- | | |
|------------|-------------|
| 1...GaAs基板 | 7...擬似位相整合層 |
| 2...多層反射膜層 | 8...多層反射膜層 |
| 3...活性層 | 9...電極 |
| 4...多層反射膜層 | 10...電極 |
| 5...コンタクト層 | |

【図4】

